

# INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA CON EL SISTEMA VISUAL

## PERCEPCIÓN VISUAL

### Tema 1

Profesora María Cinta Puell

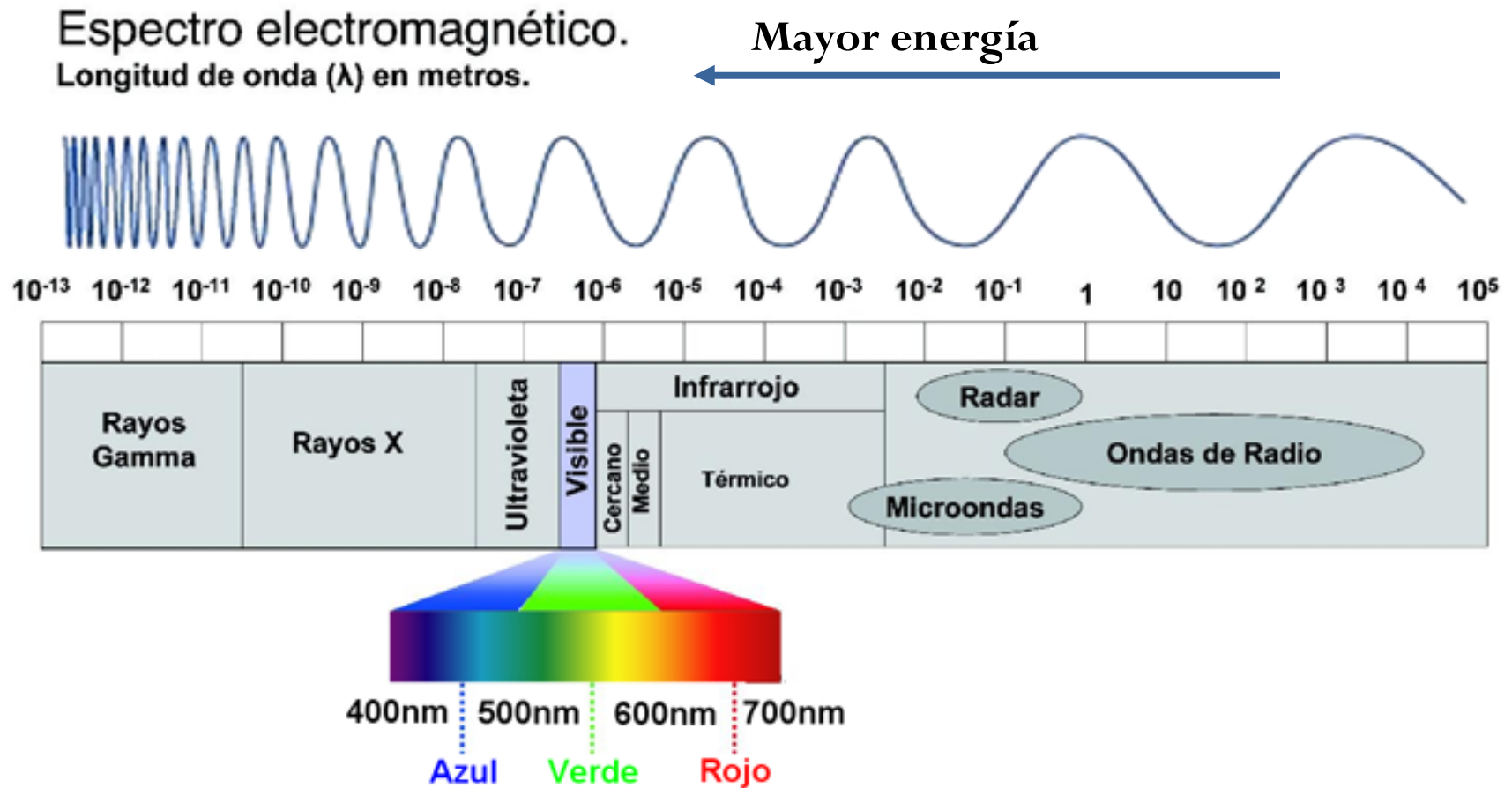
Grado Óptica y Optometría

Universidad Complutense de Madrid

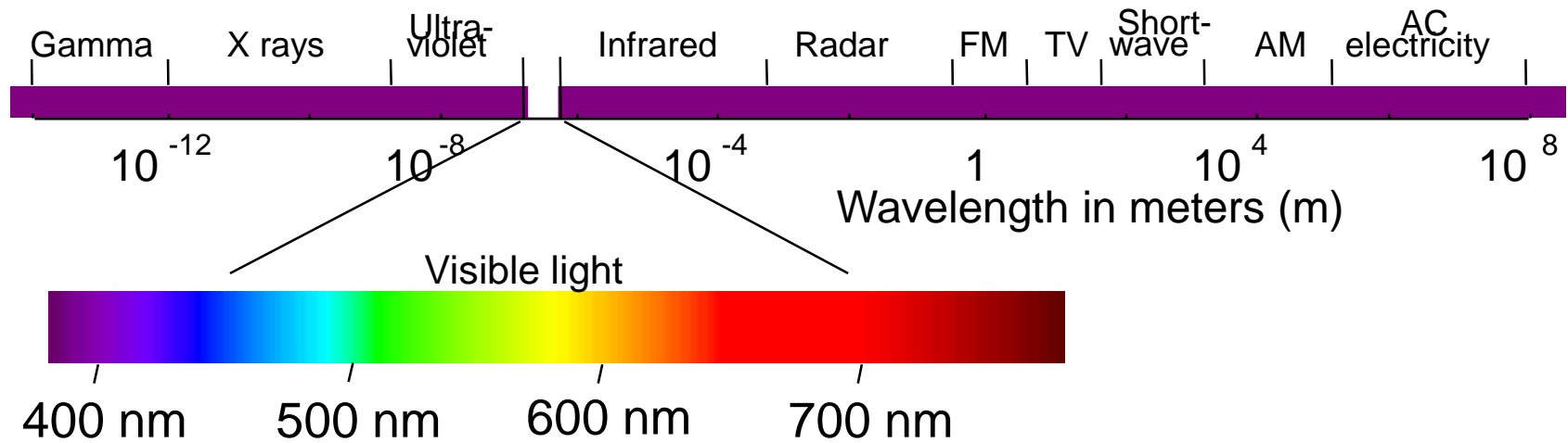
# Contenido

- Características físicas del estímulo visual
- Fuentes de luz y su relación con la visión.
- Características de transmisión del ojo.
- Efectos oculares de radiación ultravioleta e infrarroja.

# Características físicas del estímulo visual

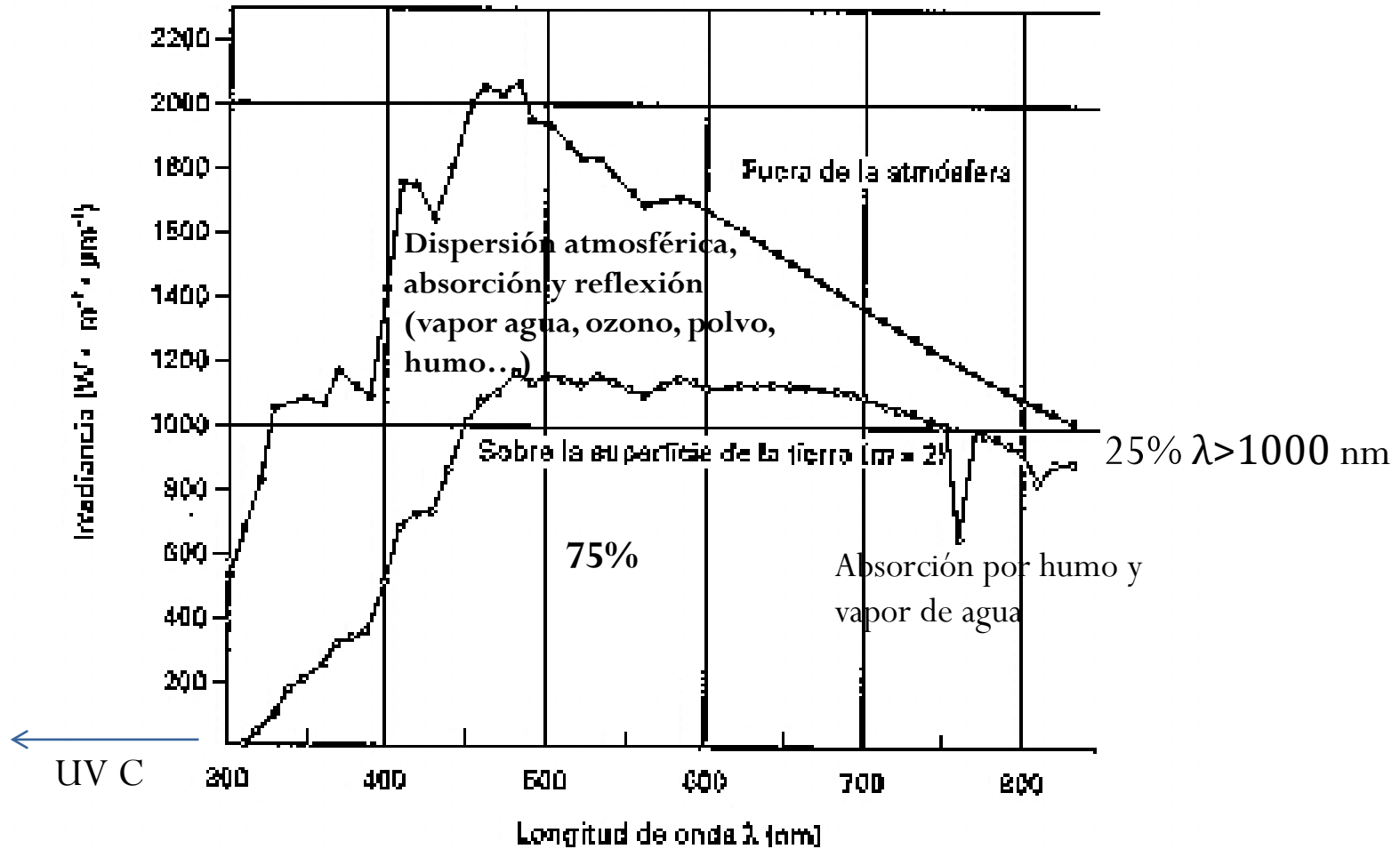


# Regiones del espectro electromagnético en función de la longitud de onda de la radiación



- UVC, entre 100 y 280 nm.
- UVB, entre 280 y 315 nm.
- UVA, entre 315 y 380 nm.
- Visible, radiaciones comprendidas entre 380 y 780 nm.
- IRA, entre 780 y 1400 nm.
- IRB, entre 1400 y  $3\mu\text{m}$ .
- IRC, entre  $3\mu\text{m}$  y 1 mm.

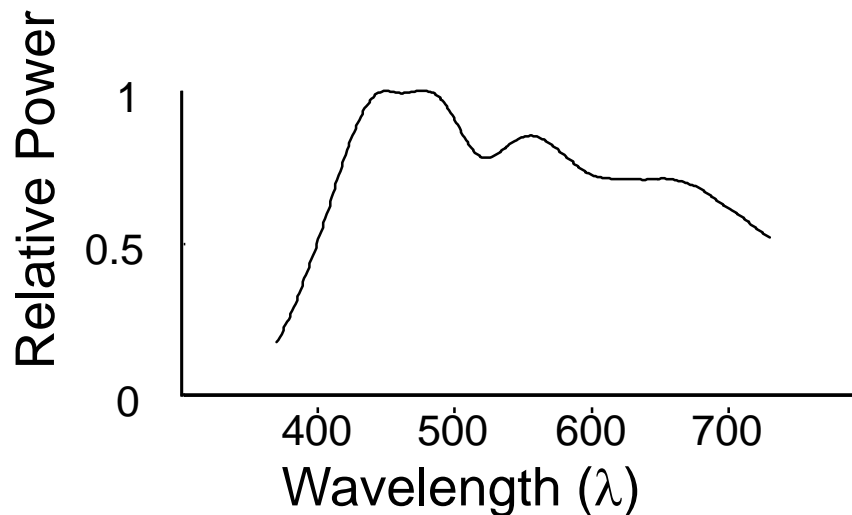
# Fuentes de luz y su relación con la visión



Irradiancia espectral del disco solar fuera de la atmósfera y sobre la superficie de la tierra

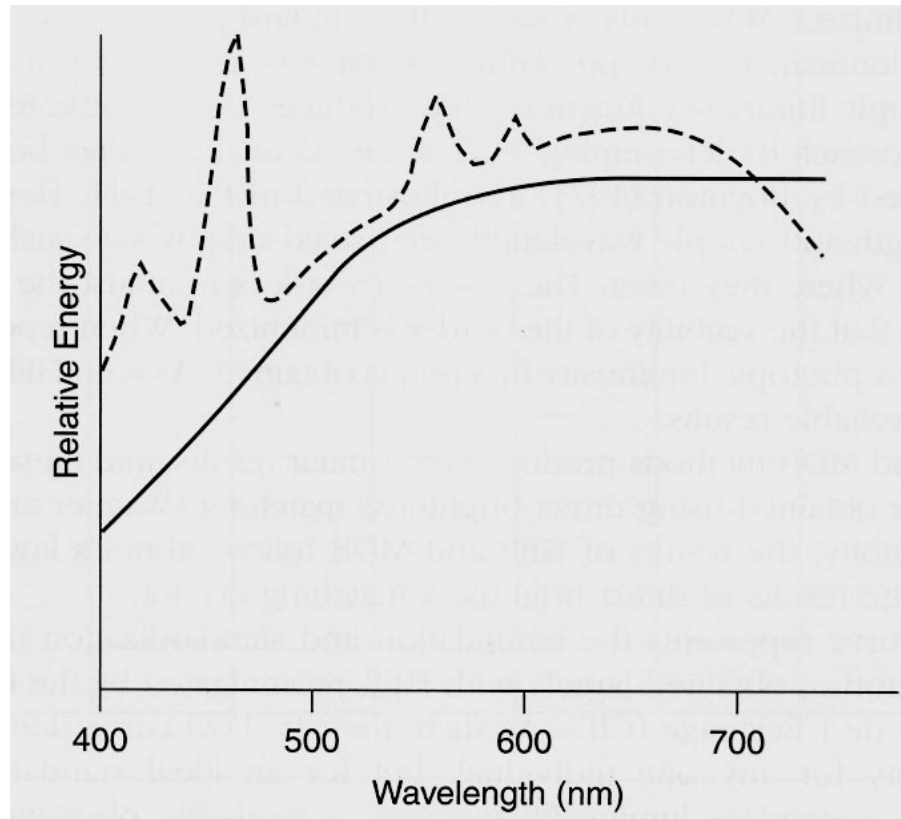
# Distribución de energía espectral

- La distribución de potencia espectral de una luz es una función  $P(\lambda)$  que define la potencia en la luz a cada longitud de onda



# Fuentes de luz y su relación con la visión

## Fuentes de luz artificiales



Distribución espectral de una bombilla y de un fluorescente (-----)

# Características de transmisión ocular

- Factores que modifican el espectro de luz incidente
  - Reflexiones en las interfases (aire-cornea,...)
  - Dispersión o difusión (scattering) en los medios oculares
  - Absorción y transmisión en los medios oculares



# Reflexión de luz



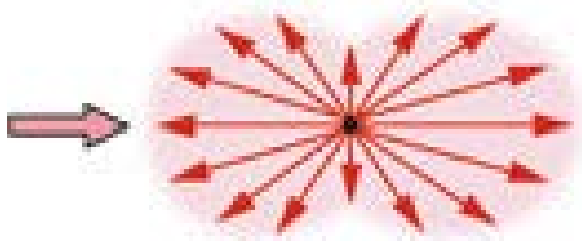
- Fracción de luz reflejada de un haz que incide normalmente en una superficie reflectora : 
$$I_r = I_0 \cdot \left[ \frac{n' - n}{n' + n} \right]^2$$
- Intensidad reflejada en la superficie anterior de la córnea  $I_r = 0,02 \cdot I_0$
- Reflexión de luz desde la retina, epitelio pigmentario y coroides (color fondo del ojo)

# Dispersión o difusión (scattering)

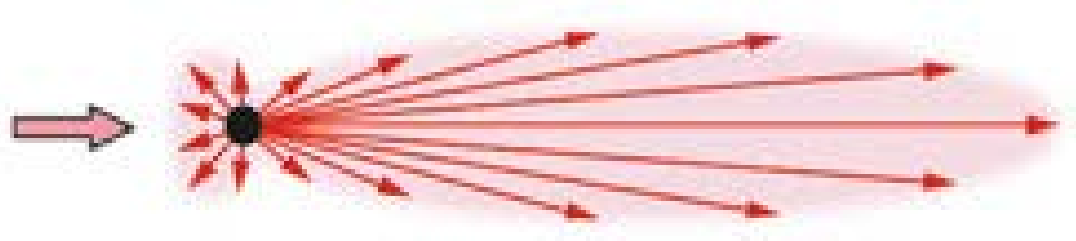
- Dispersión de partículas-pequeñas (D. de Rayleigh)
- Dispersión de partículas-grandes (D. de Mie)
- Dispersión múltiple

# Dispersión o difusión

Dispersión de Rayleigh



Dispersión de Mie



Dispersión de partícula pequeña

Dispersión de partícula grande

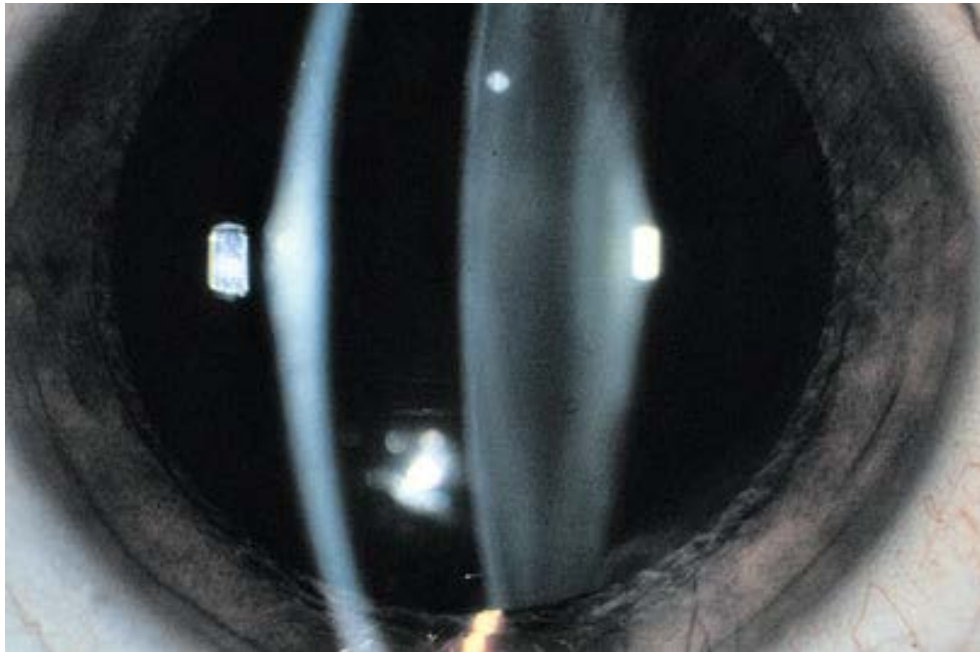
Depende de la longitud de onda

No depende de la longitud de onda

Dispersión de luz igual en todas direcciones

Dispersión de luz en la dirección de la luz incidente (forward scatter)

# Dispersión hacia atrás (backward)

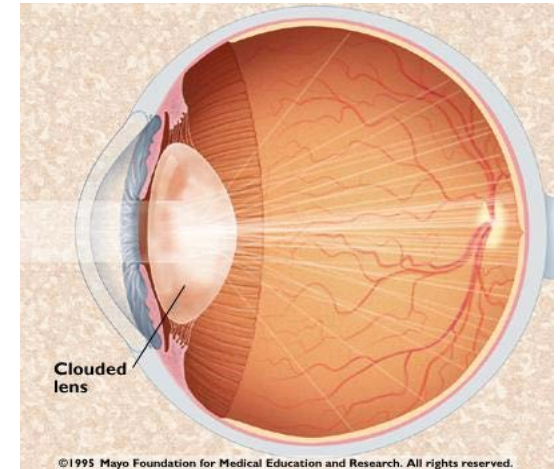


Luz dispersada hacia atrás (**backward scatter**) desde la cornea y cristalino observada con la lámpara de hendidura

# Dispersión hacia delante

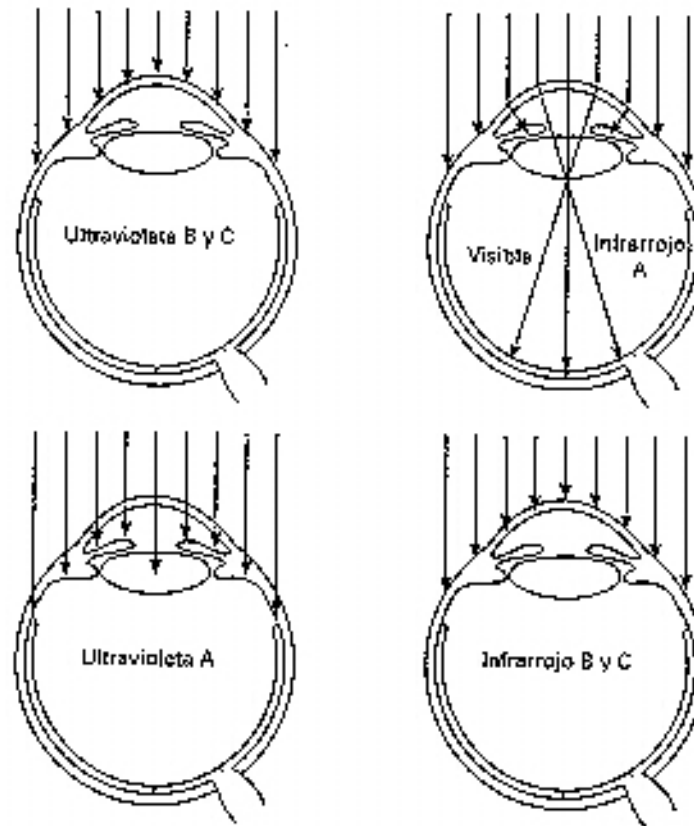
## Forward light scatter

Efecta a la calidad de la imagen retiniana



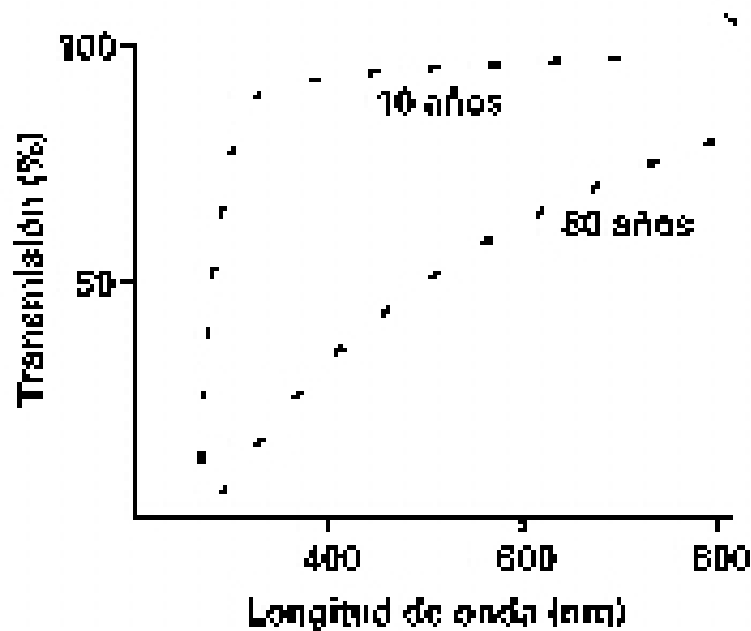
Simulaciones de dispersión de luz causadas por opacidad del cristalino

# Absorción y transmisión



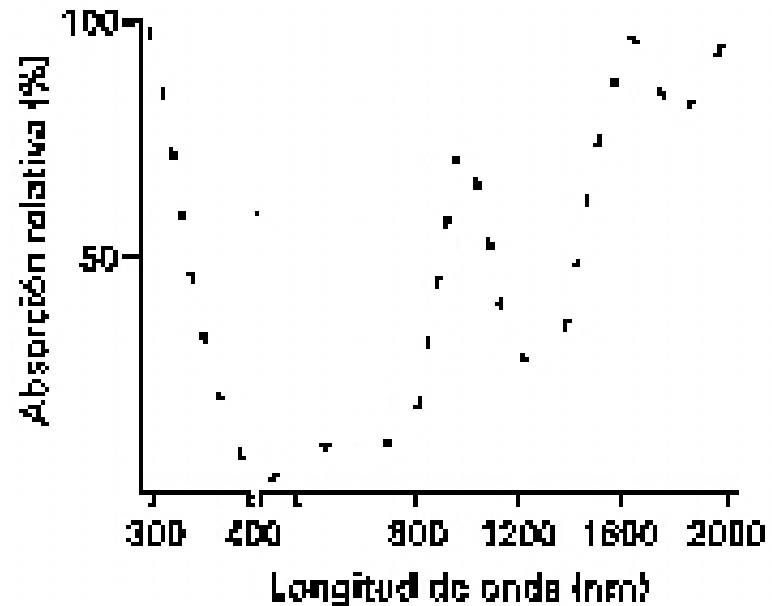
Representación esquemática de la absorción de las diferentes regiones de la radiación no ionizante por parte de los distintos medios oculares

# Absorción y transmisión CORNEA



(a)

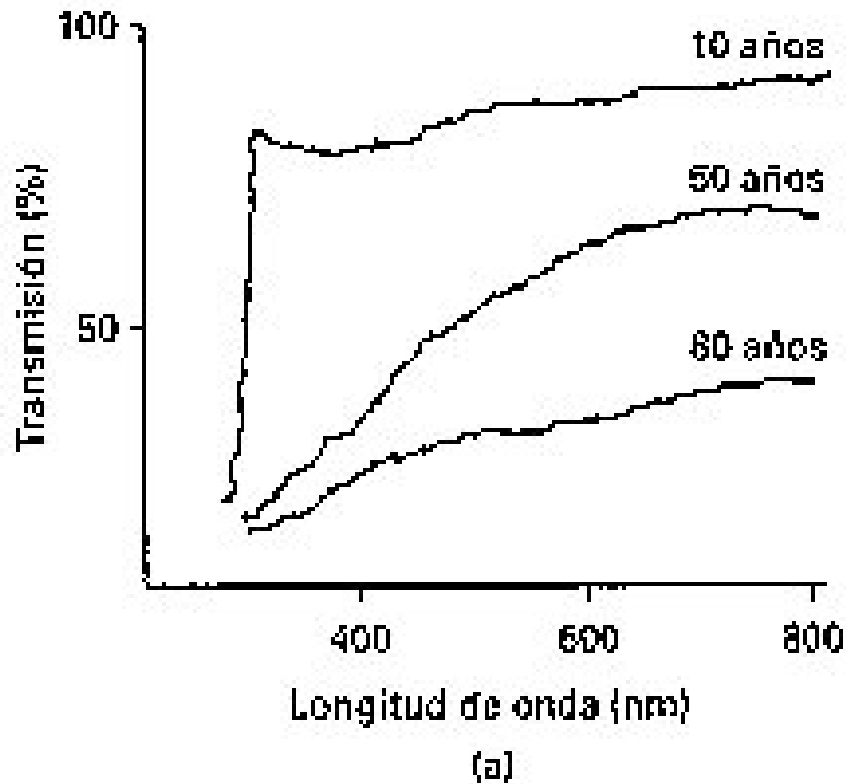
**Transmisión** espectral de la córnea en la región visible del espectro



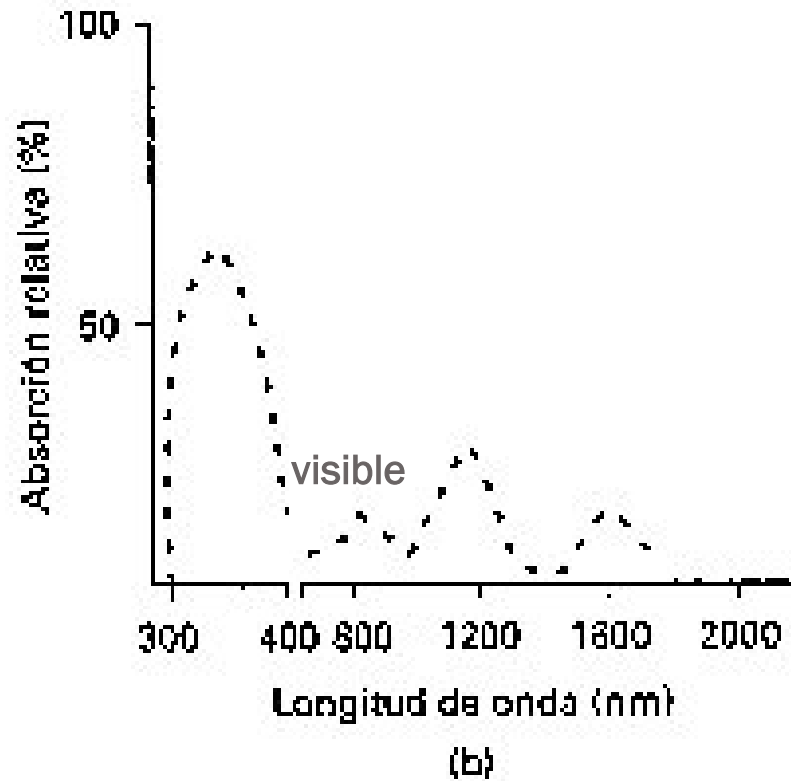
(b)

Espectro de **absorción** de la córnea (UV, visible, IR)

# Absorción y transmisión CRISTALINO



**Transmisión** espectral del cristalino, en la región **visible** para **diferentes edades**



Espectro de **absorción** del cristalino (UV, visible, IR)



# Amarilleamiento del cristalino



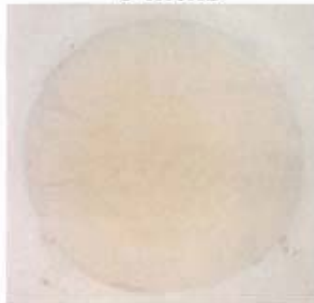
6 mths



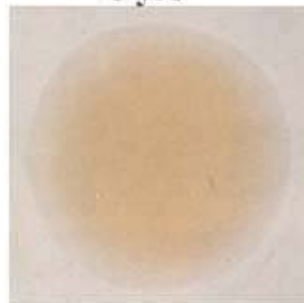
8 yrs



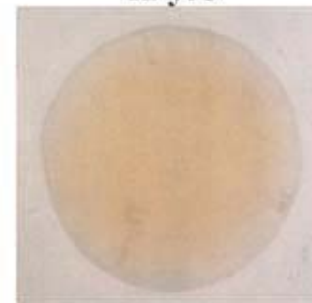
12 yrs



25 yrs



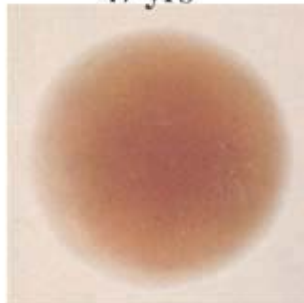
47 yrs



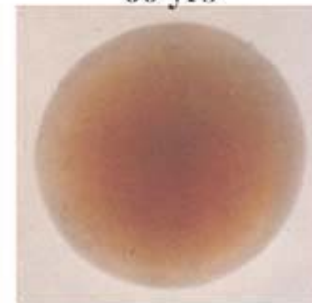
60 yrs



70 yrs

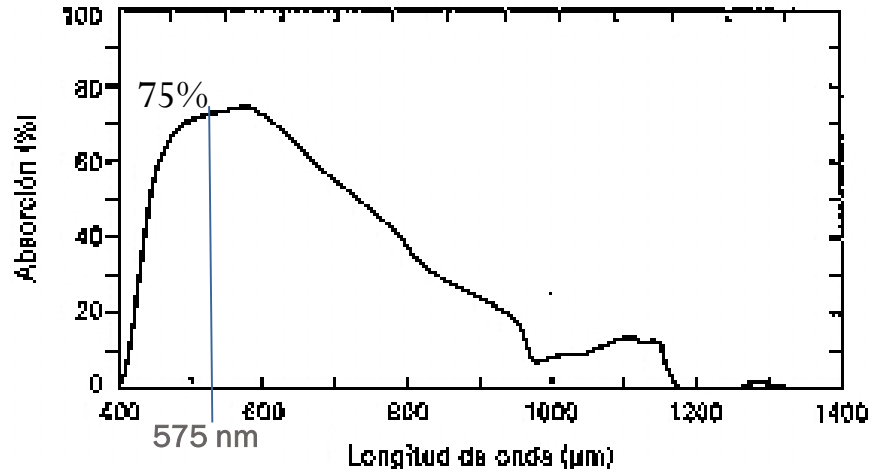


82 yrs



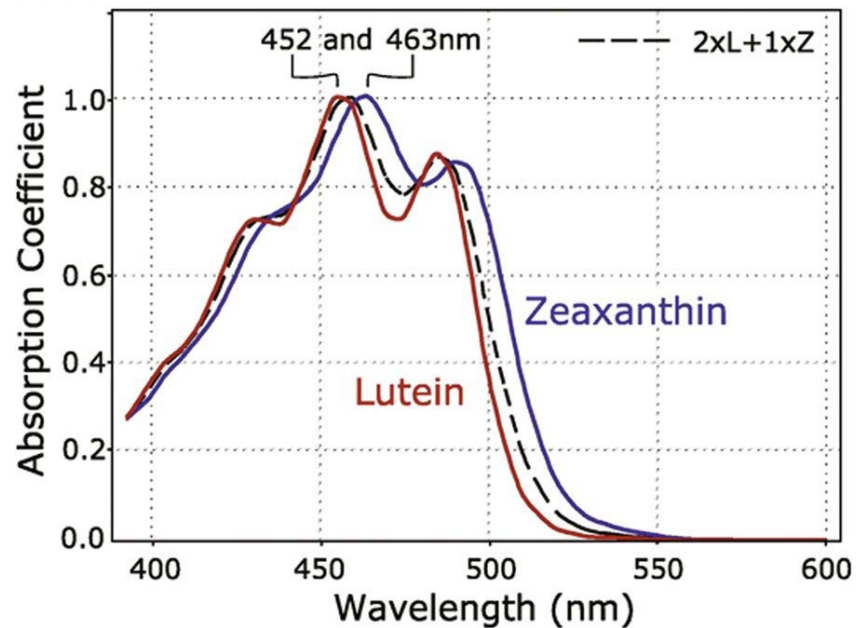
91 yrs

# Absorción y transmisión RETINA y coroides

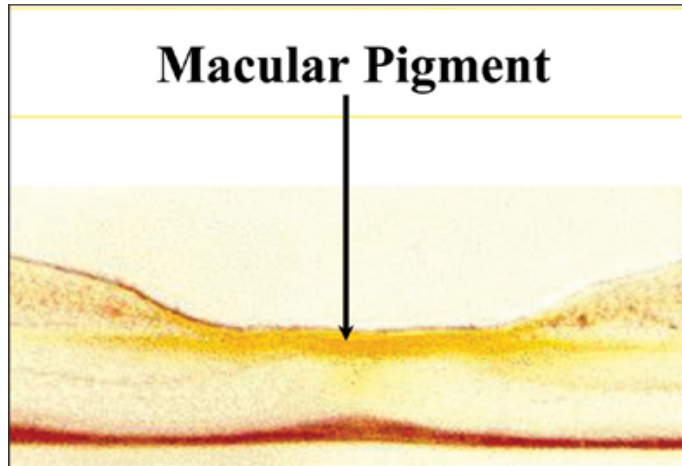


Absorción espectral de la retina y coroides

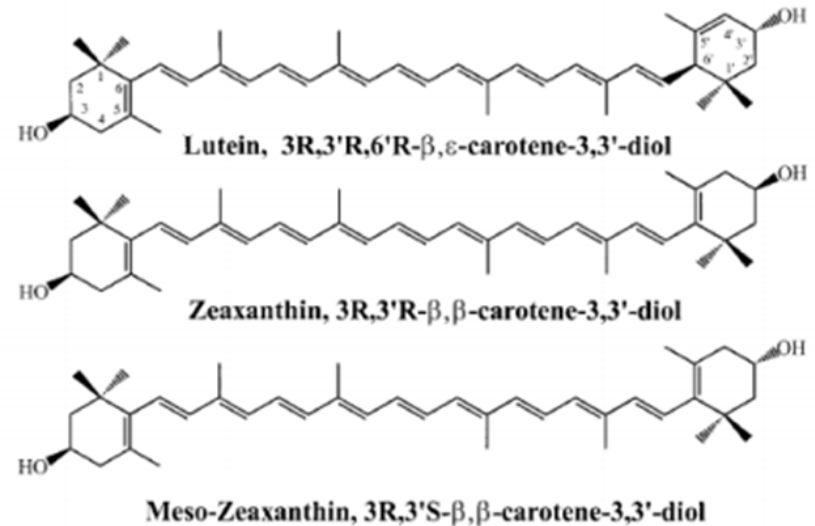
Variación de la **densidad óptica** relativa del **pigmento macular**, con la longitud de onda



# Pigmento macular



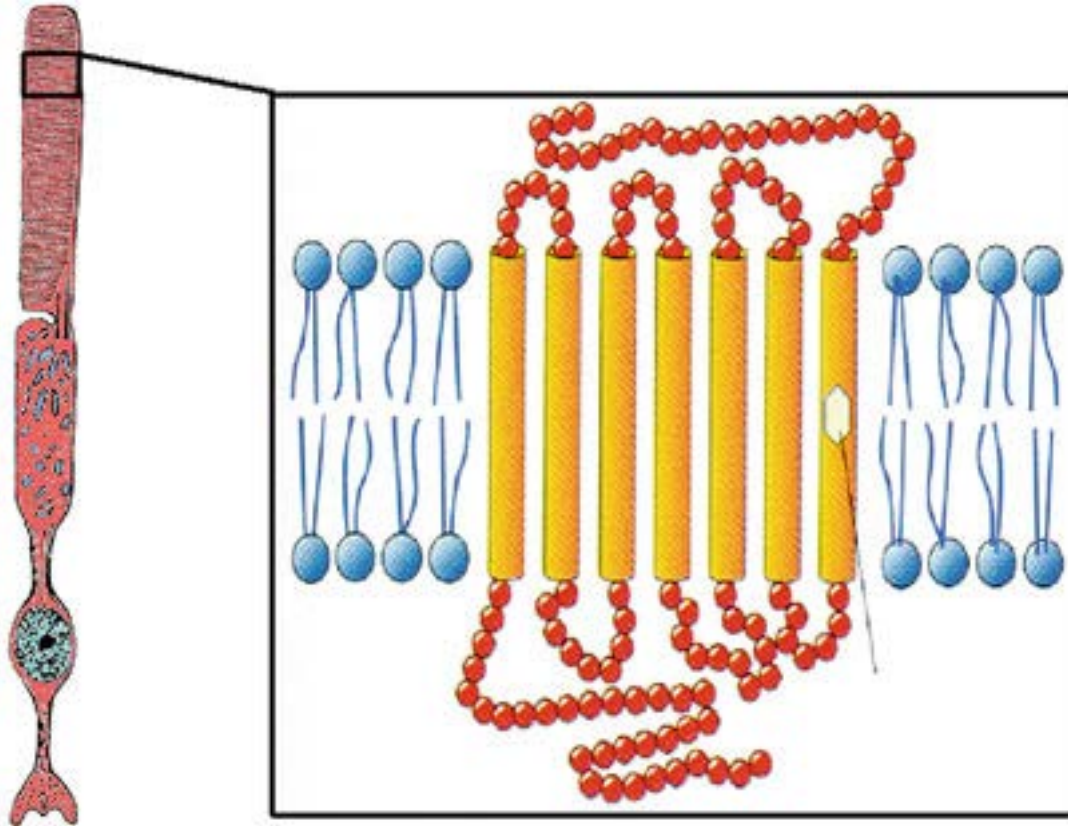
3 carotenoides de la dieta



## Absorción pre-receptora de luz azul.

- Mejora el rendimiento visual
  - Minimizando los efectos de la aberración cromática.
  - Reducción de la dispersión de la luz.
- Actividad antioxidante para proteger el tejido retiniano subyacente
  - Posible papel protector para la DMAE
- La suplementación con L, Z y MZ aumenta el PM y reduce el riesgo de desarrollo y / o progresión de la DMAE

# Absorción de luz en la retina



# ACCIÓN DE LA ENERGÍA ABSORBIDA

- La eficacia biológica de un haz de radiación depende:
  - del flujo fotónico
  - de la "eficacia relativa" de la energía fotónica para producir un efecto biológico determinado
- Ley de Draper: "solo las radiaciones absorbidas son activas"
- Ley de Stark-Einstein: "la absorción de un sólo fotón es suficiente para activar una molécula"
- $E = h \times \nu$        $E = h \times c / \lambda$

# ACCIÓN DE LA ENERGÍA ABSORBIDA

- Radiaciones **infrarrojas**: efectos térmicos
  - Radiaciones **ultravioletas**: efecto fotoquímico
  - Radiaciones espectro **visible**: no ionizantes
- 
- **Eficacia relativa**: una fuente luminosa es más eficaz para la visión cuanto más se parezca su espectro de emisión a la curva de absorción espectral de la retina.

# Efectos oculares del ultravioleta e infrarrojo

BANDA ESPECTRAL (CIE)	UV-C	UV-B	UV-A	visible	IR-A	IR-B	IR-C	
LONGITUD DE ONDA nm.	100	280	315	400	760	1400	3000	10 <sup>6</sup>
MECANISMO DE INTERACCION	Predominantemente fotoquímico			Predominantemente térmico				
EFFECTOS ADVERSOS	Fotoqueratitis			quemaduras retinianas		quemaduras corneales		
			catarata	cataratas				
	Eritema			degradación de: vis. del color vis. nocturna				

# Efectos oculares del UV e IR

- La severidad del daño depende de
  - longitud de onda
  - tiempo de exposición
- Los efectos aparecen en la piel y en los ojos.



# Efectos oculares del UV e IR

## UV

- Induce fragmentación de las proteínas nucleares del epitelio corneal: fotoqueratitis
- La lesión se caracteriza por: periodo de latencia de varias horas entre la exposición y el efecto.

## IR

- Lesiones térmicas directas (sin periodo de latencia)
  - Estroma corneal y endotelio
- El calentamiento de los medio oculares en presencia de una fuente de IR provoca
  - Lagrimeo
  - dolores de cabeza
  - Opacificaciones del cristalino

# Efectos oculares del UV e IR

- **HUMOR ACUOSO**

- Efecto pequeño

- **CRISTALINO**

- Absorción importante de UV A

- Formación de cataratas (darkbrown)

- Cambios químicos en las proteínas del núcleo y el epitelio.

- Absorción de IR: cataratas por calor

# Efectos oculares del UV e IR

## RETINA

### UV

- Lesiones fotoquímica
- longitudes de onda cortas (441 nm)
- requieren 48 h para empezar a ser evidentes
- proliferación celular con numerosas mitosis en el epitelio pigmentario y coroides
- los tejidos pueden regenerarse y sanar

# Efectos oculares del UV e IR

## RETINA

### Infrarrojo (IR)

- Lesiones térmicas por exposición excesiva a radiaciones del IR próximo
- luz solar, fotocoagulador de xenono de Argon, laser Ruby
- quemadura solar
- envejecimiento de la piel
- daño retiniano y coroideo
- blanqueamiento irreversible del pigmento visual
- quemadura severa: pequeño agujero en la mácula